Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 3, July-August 2020, p. 637-648

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۹، ص. ۶۴۸-۶۳۷

مقاله علمی-پژوهشی

اثرات حذف کربنات‌ها و ماده آلی بر جذب فسفر در برخی خاک‌های آهکی استان کرمان

هدی حسینی[1*]- مجید فکری[2]- محمدهادی فرپور[3]- مجید محمودآبادی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۸

چکیده

آگاهی از تاثیر اجزای مختلف خاک همانند ماده آلی و کربنات‌ها بر قابلیت دسترسی فسفر در خاک جهت تغذیه گیاه و مدیریت حاصلخیزی خاک مهم است. در این مطالعه تاثیر حذف ماده آلی و کربنات‌ها بر رفتار جذب فسفر در شش نمونه خاک در سه تکرار و سه تیمار (تیمار هیپوکلریت سدیم، تیمار استات سدیم و خاک شاهد (بدون تیمار)) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که معادلات لانگمویر و فروندلیچ برازش خوبی بر داده‌های جذب فسفر نشان دادند. حذف ماده آلی باعث افزایش حداکثر جذب فسفر (q_{max}) با دامنه ۳۷ تا ۱۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به خاک‌های تیمار نشده شد. برعکس، با حذف کربنات‌ها از خاک‌ها، حداکثر جذب فسفر (q_{max}) در محدوده ۴۳ تا ۳۴۵ میلی‌گرم بر کیلو گرم نسبت به خاک‌های تیمار نشده کاهش نشان داد. ثابت انرژی پیوند (K_l) بعد از حذف مواد آلی و کربنات‌ها به ترتیب ۱۷/۰۳ درصد افزایش و ۲۸/۷۸ درصد کاهش یافت. نیاز استاندارد فسفر در خاک‌های مورد مطالعه بعد از حذف مواد آلی ۱۴/۴۳ درصد افزایش و حذف کربنات‌ها از خاک‌های مورد مطالعه نیاز آن‌ها را به فسفر ۴۰/۵ درصد کاهش داد. جهت مدیریت کارامد فسفر در خاک‌های کشاورزی توجه به میزان کربنات‌ها و کاهش آن در خاک اهمیت زیادی دارد و همچنین افزودن مواد آلی به خاک یا حداقل حفظ مواد آلی موجود در آن می‌تواند سبب افزایش کارایی مصرف فسفر در خاک شود.

واژه‌های کلیدی: جذب سطحی، فسفر، مواد آلی، نیاز استاندارد، هم‌دما

مقدمه

واکنش‌های جذب و رهاسازی، رسوب و حل شدن فسفر در خاک از جمله فرایندهای مهمی می‌باشند که، فراهمی فسفر در محلول خاک را کنترل می‌کنند. این واکنش‌ها نقش مهمی در عرضه فسفر برای گیاهان، تعیین نیاز کودی و همچنین تعیین سرنوشت زیست محیطی فسفر و کیفیت آب‌های سطحی و زیر زمینی دارند (۴۱). اجزای مختلف خاک که در واکنش‌های فسفر نقش دارند، شامل مواد آلی، کربنات کلسیم، اکسیدهای آهن و آلومینیوم، و کانی‌های سیلیکاته خاک می‌باشند (۲۶). مطالعات نشان داده که فسفر می‌تواند با مواد آلی خاک پیوند یابد، درجه‌ای که فسفر جذب مواد آلی می‌شود تحت تاثیر شکل‌های فسفر موجود در خاک و برخی فاکتورهای بیوشیمیایی و زیست محیطی (همانند رطوبت خاک، مواد آلی خاک و مقدار رس) قرار می‌گیرد (۴۸). در برخی مطالعات گزارش شده است که مواد آلی می توانند منبع فسفر در خاک را غنی سازند و همچنین یافت شده که مواد آلی به عنوان فاکتور مهم، از طریق مکانیسم‌های مختلف بر جذب و واجذب فسفر در خاک موثر هستند (۴۴ و ۴۶). مطالعات زیادی نشان داده است که قابلیت دسترسی فسفر خاک با افزودن ماده آلی به خاک افزایش می‌یابد(۵). وریدرپال و همکاران (۳۹) گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی، جذب فسفر و حداکثر ظرفیت بافری و انرژی پیوند را کاهش داده و غلظت فسفر در محلول را افزایش می‌دهد. همچنین مالوف و همکاران (۲۲) گزارش کردند که افزایش سطح هیومیک اسید به خاک باعث کاهش ظرفیت جذب و حداکثر ظرفیت بافری فسفر می‌شود. در مقابل یانگ و همکاران (۴۵) گزارش کردند حداکثر ظرفیت جذب فسفر با افزایش مقدار ماده آلی خاک افزایش یافت. به دلیل گزارش نتایج متفاوت تاثیر مواد آلی بر جذب و واجذب فسفر غیر شفاف باقی مانده است (۵ و ۱۶). عامل دیگری که بر واکنش‌های جذب و واجذب فسفر در خاک موثر است میزان کربنات‌ها است. در خاک های آهکی، واکنش‌های فسفر با خاک متأثر از وجود کربنات کلسیم (به عنوان کربنات غالب در خاک) است. واکنش فسفر با کربنات‌ها اغلب شامل دو فرایند جذب سطحی و رسوب است (۲۸). در غلظت‌های کم، مقادیر اندکی از یون‌های

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادان گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: (Email: h.hosseini@agr.uk.ac.ir
DOI: 10.22067/jsw.v34i1.81290

فسفات در مکان‌های ویژه در سطح کربنات‌ها جذب سطحی می‌شوند. با افزایش غلظت جذب‌شونده، پوشش سطح زیادتر می‌شود تا جایی که تعاملات جانبی بین یون‌های جذب سطحی شده آغاز می‌شود و این تعاملات سرانجام به تشکیل خوشه‌هایی از یون‌های فسفات در سطح کلسایت می‌انجامد. این خوشه‌ها مراکزی است که از آن‌ها رشد خود به خودی کریستال فسفات کلسیم آغاز می‌شود (۱۰). در خاک نقش کربنات کلسیم در جذب فسفر بیشتر به سطح ویژه (واکنشگری) و درصد این کانی کربناتی بستگی دارد. رفتار شیمیایی خاک‌های آهکی تحت تاثیر مقدار، ماهیت و واکنش‌پذیری کربنات‌های معدنی موجود در خاک قرار می‌گیرد و کربنات‌های خاک نگهداری فسفر را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بر خی مطالعات نشان داده است که کربنات کلسیم عامل مهم جذب فسفر در خاک‌های آهکی است (۳). در خاک‌های آهکی رسوب فسفات‌های کلسیم نامحلول عامل اصلی در کاهش قابلیت استفاده فسفر مصرف شده می‌باشد، گرچه سهم نسبی فرآیندهای رسوب و جذب سطحی برای تثبیت فسفر در خاک‌های آهکی به نظر می‌رسد که وابسته به مقدار فسفر مصرف شده باشد (۱). هاولین و همکاران (۱۴) معتقدند که گرچه فسفر در سطخ کربنات کلسیم جذب می‌شود، بیشتر جذب بر روی ناخالصی اکسیدهای آهن است. یکی از روش‌های مطالعه اثر ماده آلی و کربنات‌ها بر شیمی فسفر خاک، حذف آنها از خاک است (۱۲ و ۳۷). مطالعات کمی در زمینه انجام شده است (۲۱ و ۳۸). یوگور (۳۸) با مطالعه نقش کربنات‌ها بر جذب فسفر در خاک‌های آهکی گزارش کرد که حذف کربنات‌ها ظرفیت جذب فسفر را نسبت به خاک تیمار نشده کاهش داد. مهدی زاده و همکاران (۲۱) گزارش کردند که مقدار جذب فسفر بعد از حذف ماده آلی افزایش یافت. با توجه به این که استان کرمان یکی از استان‌های مهم کشور در زمینه تولید محصولات باغی و زراعی است، اطلاعات منتشر شده‌ای در مورد تاثیر حذف کربنات‌ها و ماده آلی خاک بر ویژگی‌های جذب فسفر و نیاز استاندارد فسفر در خاک‌های مختلف این استان وجود ندارد. بنابراین هدف این پژوهش، مطالعه تاثیر حذف ماده آلی و کربنات‌های خاک بر جذب فسفر در برخی خاک‌های آهکی استان کرمان است.

مواد و روش‌ها

برای این منظور شش نمونه‌ی خاک از عمق ۰تا۳۰ سانتی‌متری از اطراف مزارع مناطق برسیر ، بافت و ارزوئیه از استان کرمان، در جنوب‌شرق ایران تهیه شد. نمونه‌های خاک هوا خشک‌شده و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی همانند pH (توسط pH متر در گل اشباع)، EC (توسط هدایت‌سنج در عصاره اشباع)، کربن آلی به روش والکی و بلک (۴۰)، مقدار کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید کلریدیک (۲)، کربنات کلسیم فعال به روش اگزالات آمونیوم (۲۰)، بافت خاک به روش هیدرومتر (۹)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم در ۸/۲=pH (۳۱) و فسفر قابل استفاده با عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم (۲۸) اندازه‌گیری شد. پس از پایان آنالیزهای اولیه نمونه‌های خاک به سه قسمت تقسیم شدند. یک قسمت برای تیمار با هیپوکلریت سدیم (۳۴) جهت حذف ماده آلی استفاده شد. قسمت دوم به‌وسیله بافر استات سدیم (pH=۵)جهت حذف کربنات–ها تیمار شد. قسمت سوم به عنوان شاهد بدون تیمار مورد استفاده قرار گرفت. پس از حذف مواد آلی بقایای خاک‌های تیمار شده در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به صورت سوسپانسیون در آمد و pH برخی خاک‌ها که اندکی بالا رفته بود را با اضافه کردن مقدار کمی اسید استیک رقیق شده روی pH اصلی خاک (قبل از تیمار) تنظیم شد. پس از انجام مراحل فوق، خاک‌ها هوا خشک گردیدند.

راندمان حذف اجزا خاک (کربنات کلسیم معادل یا ماده آلی) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

راندمان حذف (%) = ((a – b) / a) ×100 (۱)

a= میزان ماده آلی یا کربنات کلسیم معادل خاک قبل از تیمار.

b= میزان ماده آلی یا کربنات‌کلسیم معادل خاک بعد از تیمار.

مطالعه هم‌دماهای جذب فسفر

دو گرم نمونه خاک (اصلی و تیمار شده) در داخل لوله‌های سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و به هر یک از لوله‌ها ۲۵ میلی-لیتر محلول ۰/۰۱ مولار سدیم‌کلرید حاوی غلظت‌های مشخص فسفر از منبع پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات اضافه گردید. به هر لوله سانتریفیوژ دو قطره تولوئن جهت متوقف نمودن فعالیت میکروبی اضافه شد. جهت رسیدن به تعادل لوله‌های سانتریفیوژ ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در انکوباتور تکان داده شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و جهت حصول اطمینان از زلال بودن محلول رویی از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده و غلظت فسفر در این محلول‌ها به روش رنگ‌سنجی با اسید آسکوربیک با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV-visible در طول موج ۸۸۰ نانومتر تعیین گردید. برای هر سطح فسفر نیز یک نمونه شاهد (بدون خاک) جهت تصحیح میزان رسوب فسفر به وسیله محلول زمینه و جداره لوله‌ی سانتریفیوژ مورد استفاده قرار گرفت. مقدار فسفر جذب شده از تفاوت بین غلظت اولیه این عنصر و غلظت نهایی موجود در محلول محاسبه و پارامترهای جذب به وسیله معادلات لانگمویر و فروندلیچ که در ادامه آورده شده‌اند به کمک نرم افزار Graph Pad Prism7.04 مورد محاسبه قرار گرفت.

معادله لانگمویر:

$$q = \frac{q_{max} K_l C_e}{1 + K_l C_e} \quad (۲)$$

q= مقدار فسفر جذب شده($mgkg^{-1}$)

q_{max}= حداکثر ظرفیت جذب فسفر ($mgkg^{-1}$)

K_l= انرژی پیوند (Lmg^{-1}) به عنوان پارامتر تمایل خاک به جذب فسفر

Ce= غلظت فسفر در محلول تعادلی (mgL^{-1})

حداکثر ظرفیت بافری فسفر[۱](PMBC)، بر پایه پارامترهای معادله لانگمویر (q_{max} و K_l) تعیین شد (۲۲). معادله فروندلیچ (۳):

$$q = k_f {c_e}^{1/n} \qquad (۳)$$

q و Ce همان مفاهیم معادله لانگمویر را دارند. Kf و 1/n ضرایب مدل فروندلیچ که به ترتیب نشان دهنده ظرفیت جذب[۲] و شدت جذب[۳] هستند (۳۶).

نیاز استاندارد فسفر[۴](SPR) در غلظت ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر با استفاده از شیب معادله فروندلیچ محاسبه شد (۱۹ و ۳۵).

خطای استاندارد تخمین در این پژوهش با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum(q - q*)^2}{n-2}} \qquad (۴)$$

q = مقدار جذب اندازه‌گیری شده

$q*$=مقدار جذب پیش‌بینی شده با استفاده از معادلات

n = تعداد اندازه‌گیری‌ها

نتایج و بحث

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. کلاس بافت خاک از لومی شنی تا سیلتی‌لوم، pH خاک‌های مورد مطالعه در محدوه خنثی تا قلیایی ضعیف بود. کمترین میزان کربن آلی مربوط به خاک شماره ۵ با ۰/۵۴۰ درصد و بیشترین آن مربوط به خاک شماره ۲ با ۴/۰۹ درصد می‌باشد. مقدار کربنات کلسیم معادل در خاک‌های مورد مطالعه از ۵/۵ تا ۴۰/۴۵ درصد متغیر است.

اکسایش مواد آلی خاک‌ها با استفاده از هیپوکلریت سدیم

نتایج اکسایش مواد آلی در جدول ۲ ارائه شده است. هیپوکلریت سدیم به دلیل pH بالا و ایجاد شرایط قلیایی و همچنین داشتن یون سدیم باعث پراکنش خاکدانه‌ها و متعاقباً آزاد شدن مواد آلی محبوس بین آن‌ها شده و کارایی بالایی در حذف مواد آلی خاک دارد. همان طور که مشاهده می‌شود دامنه حذف مواد آلی با محلول هیپوکلریت سدیم در خاک‌های مورد مطالعه از ۷۳ تا ۹۶ درصد متغیر بود (جدول ۲). میزان حذف مواد آلی در خاک می‌تواند به دلایلی همچون کمیت یا ماهیت کربنات‌ها، ترکیبات آلی مقاوم و محافظت مواد آلی توسط سطوح ذرات خاک باشد (۲۵). همچنین فیلیپ و همکاران (۷) گزارش کردند کانی‌های رسی از مواد آلی در برابر تخریب محافظت می‌کنند. در مطالعه‌ای مشابه مهدی‌زاده و همکاران (۲۱) گزارش کردند که استفاده از هیپوکلریت سدیم ۶ درصد در pH=۸ به‌طور میانگین ۸۹ درصد مواد آلی موجود در خاک‌های مورد مطالعه را حذف نمود. همچنین زیمرمن و همکاران (۴۷) گزارش کردند که استفاده از هیپوکلریت سدیم ۶ درصد در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس ۶۳ تا ۹۱ درصد کربن آلی موجود در بخش سیلت و رس خاک را حذف کرد. در مطالعه دیگر مشخص شد که کارایی حذف مواد آلی در خاک به وسیله هیپوکلریت سدیم در دامنه ۱۹ تا ۶۲ درصد متغیر است. هیپوکلریت سدیم ترجیحاً مواد آلی لابایل را حذف می‌کند بدون اینکه تاثیر قابل توجهی بر مواد معدنی بلورین بگذارد (۱۷).

حذف کربنات‌ها

استات سدیم، کارآیی خوبی در حذف کربنات‌ها داشت. دامنه درصد حذف کربنات‌کلسیم معادل در خاک‌های مورد مطالعه از ۷۵ تا ۹۴ درصد متغیر بود (جدول ۲).

هم‌دماهای جذب فسفر

هم‌دماهای جذب فسفر در خاک‌های تیمار شده به عنوان تابعی از غلظت تعادلی فسفر در محلول خاک رسم شدند (شکل-۱)، با افزایش غلظت فسفر در محلول تعادلی، میزان جذب فسفر افزایش یافت، اما شیب منحنی جذب کاهش یافت که می‌تواند به علت کاهش مکان های جذب فسفر بر روی سطوح خاک باشد. با توجه به ضرایب تبیین (R^2) بالا و خطای استاندارد (SE) پایین داده‌های جذب فسفر در خاک‌های تیمار شده برازش خوبی با هم‌دماهای لانگمویر و هم فروندلیچ نشان دادند (جداول ۳ و ۴). تطابق مدل لانگمویر و فروندلیچ با داده‌های جذب سطحی فسفر در خاک توسط محققان گزارش شده است (۴۳ و ۲۹). نتایج مطالعه ولد و هایل (۴۳) نشان داد که دو مدل لانگمویر و فروندلیچ توانستند توصیف خوبی از داده های جذب سطحی فسفر داشته باشند. همچنین راشمی و همکاران (۲۹) دریافتند که معادلات لانگمویر (۰/۹۹-۰/۹۶) و فروندلیچ (۰/۹۹-۰/۹۵) برازش خوبی با داده‌های جذب سطحی فسفر در چهار رده خاک نشان داند. در مطالعه حاضر، معادله لانگمویر با بیشترین میانگین ضریب تبیین (۰/۹۸۲) و کمترین خطای استاندارد (۰/۰۲۲)

1- Phosphorus Maximum Buffering Capacity(PMBC)
2- sorption capacity
3- sorption intensity
4- Standard Phosphorus Requirement(SPR)

بهترین برازش را به داده‌های جذب فسفر نشان داد. سرکار و همکاران (۳۳) با مطالعه تاثیر حذف ماده آلی و اکسیدهای آهن و منگنز بر جذب سطحی بور دریافتند که داده‌های جذب سطحی بور در خاک-های اصلی و تیمار شده با هم‌دمای لانگمویر به خوبی قابل توصیف هستند. همچنین تطابق مدل لانگمویر با داده‌های جذب سطحی بور در خاک‌هایی که ماده آلی و کربنات‌ها حذف شده اند نیز گزارش شده است (۱۱ و ۲۳).

تاثیر ماده آلی بر جذب فسفر

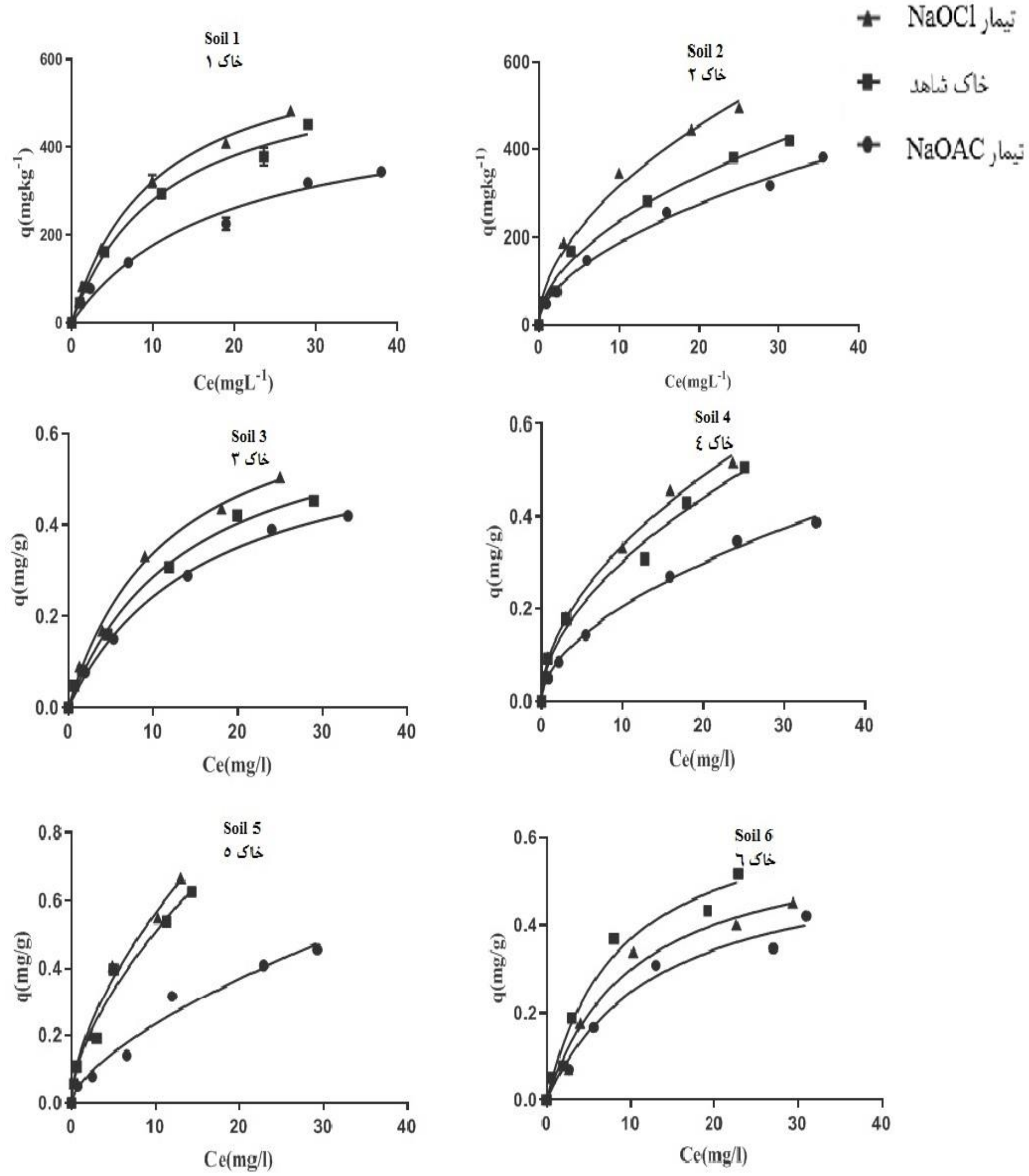
بعد از حذف ماده آلی، افزایش جذب فسفر در همه خاک‌ها مشاهده شد. میزان افزایش جذب فسفر وابسته به نوع خاک و مقدار ماده آلی متغیر بود. دامنه افزایش مقدار حداکثر جذب فسفر (q_{max}) به‌دست آمده از معادله لانگمویر در خاک‌های مورد مطالعه از ۳۷ تا ۱۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بود. بیشترین تاثیر حذف ماده آلی در افزایش q_{max} در خاک شماره ۲ مشاهده شد زیرا این خاک درصد بالایی (۴/۰۹ درصد) از کربن آلی را دارا بود و کمترین اثر حذف ماده آلی بر ظرفیت جذب در خاک شماره ۵ با کمترین مقدار کربن آلی (۰/۵۴۰ درصد) مشاهده شد. این نتایج بیانگر آن است که ماده آلی اثر مهمی بر ظرفیت جذب فسفر در خاک‌های مورد مطالعه دارد. افزایش ظرفیت جذب فسفر در خاک بعد از حذف مواد آلی می‌تواند به دلیل افزایش مکان‌های فعال برای جذب سطحی فسفر باشد زیرا مواد آلی همچون پوششی بر روی سطوح اکسیدها ی آهن و آلومینیوم عمل نموده و مانع از جذب فسفر توسط این اجزا خاک می‌شوند. هاولین و همکاران (۱۵) گزارش کردند که مواد آلی با ایجاد پوشش محافظ در سطح ذرات سزکویی اکسید ظرفیت تثبت‌کنندگی این ذرات را کاهش می‌دهند.از طرف دیگر برخی محققان معتقدند که رقابت آنیون‌های آلی با یون‌های فسفات برای مکان‌های جذب فسفات سبب کاهش جذب فسفات توسط خاک می‌شود. توانایی آنیون‌های آلی در کاهش جذب فسفات بستگی به ساختار مولکولی و pH دارد. گاپی و همکاران (۱۲) بیان داشتند که اکسالات و سیترات می‌توانند مشابه فسفات جذب سطوح شوند و اثر مثبت مواد آلی بر کاهش جذب فسفر نیز از همین طریق است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در خاک‌های مورد مطالعه
Table 1- Some physical and chemical properties of the studied soils

شماره خاک Soil No.	شن(٪) Sand (%)	رس (٪) Clay (%)	سیلت(٪) Silt (%)	pH گل اشباع	هدایت الکتریکی EC(dS/m)	کربنات کلسیم معادل %CaCO3	کربنات کلسیم فعال %active CaCO3	کربن آلی %Organic Carbon	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (meq/100gsoil)	فسفر اولسن Olsen-P (mg/kg soil)
1	66.5	15	18.5	7.8	0.875	13	5.92	0.662	8.35	4.75
2	50.5	19	30.5	7.2	1.49	6.75	3.04	4.09	25.04	12.25
3	34.5	21	44.5	7.66	0.781	8.5	5.75	1.17	15.4	7.41
4	14.8	22.4	62.8	7.45	3.31	18.25	7.68	0.732	13.54	8.38
5	36.5	23	40.5	7.5	0.589	40.45	18.25	0.540	18.35	7.08
6	50.5	19	30.5	7.1	1.07	5.5	3.69	3.12	20.12	12.9

جدول ۲- کارایی حذف ماده آلی و کربنات کلسیم در خاک‌های مورد مطالعه
Table 2- Efficiency of organic matter and calcium carbonate removal in studied soils

شماره خاک Soil No.	کربن آلی (٪) Organic carbon(%)			کربنات‌کلسیم معادل (٪) Equivalent calcium carbonate (%)		
	قبل از حذف Before remove	بعد از حذف After remove	راندمان حذف (٪) Removal efficiency (%)	قبل از حذف Before remove	بعد از حذف After remove	راندمان حذف (٪) Removal efficiency (%)
1	0.662	0.025	96.2	13	1.25	90
2	4.09	0.90	78	6.25	1.5	76
3	1.17	0.04	96.6	8.5	0.5	94.1
4	0.732	0.078	89.3	18.25	3.05	83.3
5	0.540	0.04	92.5	40.45	10.02	75.2
6	3.12	0.84	73.1	5.5	0.5	90.9
میانگینMean	1.72	0.385	87.6	15.3	2.80	84.9



شکل ۱- ارتباط بین مقدار فسفر جذب شده (q) و غلظت تعادلی فسفر (Ce) در خاک‌های مورد مطالعه

Figure 1- The relationship between the amount of P adsorbed (q) and P equilibrium concentration (Ce) in the studied soils

مواد آلی همچنین از طریق بلوکه کردن سطوح معدنی جذب کننده فسفات باعث کاهش تثبیت فسفات در خاک می‌شوند. بعد از حذف مواد آلی انرژی جذب به طور میانگین ۱۷/۰۳ درصد افزایش یافت. مهدی‌زاده و همکاران (۲۱) در مطالعه‌ای مشابه دریافتند که بعد از حذف مواد آلی انرژی جذب در مکان اول (K_1) به‌طور میانگین ۳۰/۵ درصد و در مکان دوم (K_2) حدود ۱۰/۳ درصد افزایش نشان دادند و مجموع K_1+K_2 محاسبه شده از ۱/۰۱ به ۱/۳۱ لیتر بر میلی گرم خاک افزایش یافت که معادل ۲۹/۹ درصد افزایش است. برخی مطالعات انجام شده بر تاثیر ماده آلی بر جذب فسفر در خاک گزارش کرده‌اند که استفاده از مواد آلی در خاک باعث کاهش ظرفیت جذب فسفر (۲۲) و کاهش انرژی جذب فسفر (۴۵) و در نتیجه افزایش فسفر قابل استفاده در خاک شده است. این نتایج با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی دارد که حذف مواد آلی باعث افزایش ظرفیت جذب فسفر و افزایش ثابت مربوط به انرژی پیوند شده است. اما نتایج

مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعات دیگر (۴ و ۴۴) مغایرت دارد. یان و همکاران (۴۴) دریافتند که مقدار مواد آلی تاثیر مستقیم بر حداکثر جذب فسفر ندارد. دبیکا و همکاران (۴) در بررسی اثر حذف مواد آلی خاک بر حداکثر جذب فسفر در خاک‌های شنی دریافتند که تاثیر مواد آلی بر جذب فسفر در خاک بستگی به خصوصیات خاک همانند pH، درجه اشباع فسفر و ظرفیت جذب فسفر دارد که اغلب مرتبط با کاربری استفاده از زمین است و حذف مواد آلی باعث کاهش ظرفیت جذب فسفر در بیشتر خاک‌های مورد مطالعه شد و دیگر خصوصیات خاک در کنترل جذب فسفر اهمیت بیشتری دارند. این نتایج مغایر احتمالاً به دلیل اثرات فاکتورهایی از قبیل نوع خاک، مقدار رس، pH تعادلی و شکل‌های شیمیایی آهن و آلومینیوم موجود در خاک، که هر یک از این عوامل می‌تواند بر ظرفیت جذب سطحی فسفر خاک موثر باشد (۴۲). تحقیقات بیشتری جهت بهبود دانش ما از فاکتورهای موثر بر این پدیده نیاز است.

پارامترهای برآورد شده برای معادله فروندلیچ در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به ضرایب تبیین، این معادله داده‌های جذب فسفر را به خوبی توصیف نموده است که می‌تواند به دلیل ماهیت تجربی و لگاریتمی این مدل باشد. پارامتر K_f در معادله فروندلیچ در واقع میزان جذب در غلظت تعادلی است. مقدار این پارامتر در خاک های مورد مطالعه قبل از هر گونه تیمار در دامنه ۷۰ تا ۱۲۵ لیتر بر کیلوگرم متغیر بود. بیشترین مقدار این پارامتر در خاک ۵ با بیشترین مقدار کربنات کلسیم و رس و کمترین مقدار آن در خاک ۲ با بیشترین مقدار کربن آلی بود. ضریب K_f در خاک‌های تیمارشده با هیپوکلریت سدیم در دامنه ۸۲ تا ۱۳۹ لیتر بر کیلوگرم برآورد شد که ۱۷/۵ درصد نسبت به خاک اصلی افزایش یافته است. پارامتر n در خاک‌های مورد مطالعه قبل از حذف مواد آلی در دامنه ۱/۶۴ تا ۱/۹۲ بود که با حذف مواد آلی این پارامتر در دامنه ۱/۶۵ تا ۱/۹۳ متغیر بود. این نتایج با یافته های ریحانی‌تبار (۳۰) و مهدی‌زاده و همکاران (۲۱) مطابقت دارد.

جدول ۳- پارامترها و ضرایب تشخیص معادله لانگمویر در خاک‌های اصلی و تیمار شده

Table 3- Parameters and coefficients of determination of Langmuir equation in control and treated soils

شماره خاک Soil No.	خاک شاهد Control soil				خاک تیمار شده با استات سدیم (NaOAC) Soil treated with sodium acetate (NaOAC)				خاک تیمار شده با هیپوکلریت سدیم (NaOCl) Soil treated with sodium hypochlorite (NaOCl)			
	q_{max} $mgKg^{-1}$	k_l Lmg^{-1}	R^2	SE	q_{max} $mgKg^{-1}$	k_l Lmg^{-1}	R^2	SE	q_{max} $mgKg^{-1}$	k_l Lmg^{-1}	R^2	SE
1	597	0.088	0.99	0.022	500	0.054	0.98	0.017	653	0.097	0.99	0.009
2	552	0.090	0.99	0.018	507	0.068	0.99	0.018	656	0.115	0.99	0.014
3	682	0.072	0.99	0.013	628	0.063	0.99	0.011	734	0.085	0.99	0.015
4	668	0.097	0.97	0.037	550	0.067	0.99	0.012	710	0.106	0.98	0.023
5	1025	0.104	0.98	0.036	680	0.055	0.98	0.026	1062	0.117	0.98	0.038
6	612	0.094	0.97	0.030	569	0.076	0.97	0.029	682	0.117	0.97	0.036

جدول ٤- پارامترها و ضرایب تشخیص معادله فروندلیچ در خاک‌های اصلی و تیمار شده

Table 4- Parameters and coefficients of determination of Freundlich equation in control and treated soils

شماره خاک Soil No.	خاک شاهد Control soil				خاک تیمار شده با استات سدیم (NaOAC) Soil treated with sodium acetate (NaOAC)				خاک تیمار شده با هیپوکلریت سدیم (NaOCl) Soil treated with sodium hypochlorite (NaOCl)			
	n	k_f	R^2	SE	n	k_f	R^2	SE	n	k_f	R^2	SE
1	1.82	70	0.98	0.022	1.79	46	0.99	0.01	1.84	82	0.98	0.022
2	1.92	71	0.99	0.017	1.83	53	0.99	0.012	1.93	94	0.98	0.026
3	1.75	71	0.98	0.022	1.76	61	0.99	0.017	1.76	83	0.98	0.022
4	1.83	86	0.99	0.022	1.81	57	0.99	0.010	1.86	97	0.99	0.018
5	1.64	125	0.98	0.037	1.7	58	0.97	0.031	1.65	139	0.98	0.026
6	1.91	80	0.95	0.042	1.86	65	0.96	0.033	1.87	96	0.90	0.047

تاثیر کربنات‌ها بر جذب فسفر

بعد از حذف کربنات‌ها ظرفیت جذب فسفر در همه‌ی خاک‌های مورد مطالعه کاهش یافت. دامنه تغییرات حداکثر جذب فسفر (q_{max}) بعد از حذف کربنات‌ها از ۵۰۰ تا ۶۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برآورد شد. مقادیر عددی به‌دست آمده از کاهش q_{max} در اثر حذف کربنات‌ها در مقایسه با خاک‌های بدون تیمار در محدوده ۴۳ تا ۳۴۵ میلی‌گرم بر کیلو گرم به ترتیب در خاک شماره ۶ با کمترین مقدار کربنات کلسیم فعال و در خاک شماره ۵ با بیشترین درصد کربنات کلسیم فعال و معادل مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که کربنات‌ها نقش مهمی در ظرفیت جذب فسفر در خاک دارد و وقتی کربنات ها حذف شوند جذب فسفر کاهش می‌یابد. یوگور (۳۸) با مطالعه نقش کربنات‌ها بر جذب فسفر در خاک‌های آهکی گزارش کرد که حذف کربنات‌ها ظرفیت جذب فسفر را ۳۳/۹ تا ۶۸/۳ درصد نسبت به خاک تیمار نشده کاهش داد. در خاک‌های آهکی، واکنش‌های فسفر با خاک تحت تاثیر کربنات کلسیم به عنوان کربنات غالب در خاک قرار دارد. در خاک نقش کربنات کلسیم در جذب فسفر بیشتر به سطح ویژه (واکنشگری) و درصد این کانی کربناتی بستگی دارد (۳۷). کربنات کلسیم از طریق جذب فسفر در سطح خود و همچنین تغییر محیط شیمیایی خاک به کاهش قابلیت استفاده فسفر از خاک می‌انجامد. توانایی کانی‌های کربناته در جذب سطحی فسفات ناشی از گروه‌های عاملی CaOH≡ و CO3H≡ روی سطح خارجی آن‌هاست. بار این گروه‌های سطحی متغیر و وابسته به pH و قدرت یونی فاز محلول است. در نتیجه حذف کربنات‌ها از خاک، مکان‌های فعال جذب فسفر کاهش یافته و منجر به کاهش ظرفیت جذب فسفر می‌شود. در مطالعه حاضر حذف کربنات‌ها، ثابت مرتبط با انرژی جذب فسفر (K_l) را به‌طور میانگین ۲۸/۷۸ درصد کاهش داده است. این نتایج نشان می‌دهد که کربنات‌ها نقش مهمی در انرژی جذب فسفر دارد. برازش داده‌های جذب فسفر در خاک‌های تیمار شده با استات سدیم با معادله فروندلیچ نشان داد که ثابت k_f در حدود ۲۹/۹۲ درصد نسبت به خاک‌های اصلی کاهش نشان داده است. در مطالعه مشابه ریحانی‌تبار (۳۰) گزارش کرد که حذف کربنات‌ها از خاک منجر به کاهش ظرفیت جذب روی در واحد وزن خاک شده است و ثابت K_f ۳۵ درصد در واحد وزن خاک کاهش یافته است. کلسیت ($CaCO_3$) یک کانی فروان در لیتوسفر و هیدروسفر است (۱۴) که پتانسیل نگهداشت فسفات را دارد. بنابراین منجر به کاهش تحرک آن می‌شود. فربودی (۶) با مطالعه قدرت جذب فسفر خاک‌های آهکی کرج بیان کرد که در خاک‌های با میزان آهک پایین انرژی جذب کمتر از خاک‌های با آهک بیشتر است. ریان و همکاران (۳۲) رابطه معنی‌داری میان کربنات کلسیم معادل و کربنات کلسیم فعال و حداکثر جذب فسفر در خاک‌های آهکی لبنان یافتند.

حداکثر ظرفیت بافری فسفر (PMBC) یک شاخص مهم برای ارزیابی ظرفیت تثبیت فسفر در خاک است که با استفاده از پارامترهای معادله لانگمویر محاسبه می‌شود. PMBC در خاک‌های مورد مطالعه در دامنه ۴۹/۱ تا ۱۰۶ لیتر فسفر بر کیلوگرم خاک برآورد شد (جدول ۶). بیشترین مقدار این شاخص در خاک شماره ۵ با بیشترین درصد رس و کربنات کلسیم معادل و کمترین مقدار این پارامتر در خاک شماره ۲ با بیشرین درصد ماده آلی به دست آمد. جعفری و همکاران (۱۸) در بررسی تعیین شاخص‌های بافری و نیاز استاندارد فسفر در مناطق خشک و نیمه خشک، محدوده این شاخص از ظرفیت بافری فسفر را ۵۹/۵۲ تا ۲۳۲/۵۶ (میلی‌لیتر فسفر بر گرم خاک) گزارش کردند. در خاک‌های آهکی شاخص ظرفیت بافری جذب فسفر در ارتباط با کلسیم قابل عصاره‌گیری می‌باشد (۲۴). فینک و همکاران (۸) دریافتند که شاخص حداکثر ظرفیت بافری جذب فسفر اساساً تحت تاثیر پهاش خاک، توزیع اندازه ذرات خاک، کانی‌شناسی رس، مقدار و نوع اکسیدهای آهن و آلومینیوم و انواع اکسیدهای بلورین خاک می‌باشد. حذف ماده آلی خاک PMBC را ۲۶/۳۶ درصد افزایش داد اما حذف کربنات‌ها این پارامتر را به طور میانگین ۴۲/۵ درصد کاهش داد. نیاز استاندارد فسفر (SPR) که با استفاده از شیب معادله فروندلیچ محاسبه شد، به عنوان غلظتی از فسفر محلول تعریف می شود که محدود کننده برای رشد گیاه نباشد. هر چه مقدار این پارامتر در خاک بیشتر باشد نشان دهنده جذب بالای فسفر توسط آن خاک و کاهش فراهمی فسفر آن خاک می‌باشد. مطالعات نشان داده است که نیاز استاندارد فسفر تحت تاثیر میزان رس، آهک و ظرفیت بافری خاک است (۳۶). به عبارت دیگر خاک‌های حاوی مقادیر بیشتر رس و کربنات کلسیم، به‌منظور نگهداری غلظت فسفر در محلول خاک در یک حد مطلوب برای گیاه، نیاز به افزودن فسفر بیشتری به ازای واحد وزن خاک دارند. چنین خاک‌هایی توانایی زیادی در جذب فسفر دارند (۱۸ و ۳۶). این پارامتر در خاک‌های اصلی به طور میانگین ۴۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک برآورد شد. حذف ماده آلی و کربنات‌ها به ترتیب باعث افزایش ۱۴/۳۴و کاهش ۴۰/۴۵ درصدی نیاز استاندارد فسفر در خاک‌های مورد مطالعه شد. مهدی‌زاده و همکاران (۲۱) گزارش کردند که حذف مواد آلی با استفاده از هیپوکلریت سدیم نیاز استاندارد فسفر را ۳۰ درصد افزایش داد.

جدول ۵- مقادیر PMBC و SPR در خاک‌های اصلی و تیمار شده
Table 5- PMBC and SPR values in control and treated soils

شماره خاک Soil No.	خاک شاهد Control soil		خاک تیمار شده با استات سدیم (pH=5) Soil treated with sodium acetate		خاک تیمار شده با هیپوکلریت سدیم Soil treated with sodium hypochlorite	
	PMBC	SPR	PMBC	SPR	PMBC	SPR
1	52.5	30.5	27	22.4	63.3	36
2	49.1	34.2	34.1	25	75.4	43.7
3	49.8	35.2	39.5	25.7	62.4	35.6
4	64.8	45.7	36.8	27.3	75.2	48.8
5	106	61.1	37.4	14.3	124	69.9
6	57.5	36.2	43.2	30	79.8	43.8

نتیجه‌گیری

در این مطالعه تاثیر حذف ماده آلی و کربنات‌ها بر ظرفیت جذب و نیاز استاندارد فسفر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که معادلات لانگمویر و فروندلیچ برازش خوبی بر داده‌های جذب فسفر نشان دادند. حذف مواد آلی از خاک ظرفیت جذب فسفر را به دلیل فعال شدن مکان‌های موجود برای جذب فسفر (اکسیدهای آهن و آلومینیوم و سطوح کانی‌های رسی) درخاک که توسط ماده آلی پوشیده شده بودند را افزایش داد، به عبارت دیگر ماده آلی و فسفات‌ها برای جذب بر سطوح خاک رقابت دارند. کربنات‌ها به عنوان مکان های فعال برای نگهداشت فسفر در خاک شناخته شده است و حذف آن از خاک‌ها باعث کاهش ظرفیت جذب فسفر در این خاک‌ها شد. نیاز استاندارد فسفر در خاک‌های مورد مطالعه بعد از حذف مواد آلی افزایش یافت، در نتیجه افزودن مواد آلی به خاک یا حداقل حفظ مواد آلی موجود در آن می‌تواند سبب افزایش کارایی مصرف فسفر در خاک شود. حذف کربنات‌ها از خاک‌های مورد مطالعه نیاز آن‌ها را به فسفر کاهش داد. بنابراین، حذف و یا کاهش کربنات‌ها از خاک‌های کشاورزی و همچنین افزودن مواد آلی به خاک برای بهبود کارآیی مصرف فسفر و مدیریت تغذیه گیاهان اهمیت زیادی دارد.

منابع

1- Afif E., Matar A., and Torrent J. 1993. Availability of phosphate applied to calcareous soils of West Asia and North Africa. Soil Science Society of America Journal 57: 756–760.
2- Allison L.E., and Moodie C.D. 1965. Carbonates. In: Black, C. A. (ED). Methods of Soil Analysis. Pares, ASA: Madison, WI. 1379-1396.
3- Cole C.V., Olsen, S.R., and Scott C.O. 1953. The nature of phosphate sorption by calcium carbonate. Soil Science Society of America Proceedings 17: 352-356.
4- Debicka M., Kocowicz A., Weber J., and Jamroz E. 2015. Organic matter effects on phosphorus sorption in sandy soils. Agronomy and Soil Science 1-16.
5- Du Z.Y., Wang Q.H., Liu F.C., Ma H.L., Ma B.Y., and Malhi S.S. 2013. Movement of phosphorus in a calcareous soil as affected by Humic Acid. Pedosphere 23: 229–235.
6- Farbodi M. 2007. Evaluation of the sorption capacity of phosphorus in Three series of calcareous soils Karaj region by using adsorption isotherm to recommend fertilizer. Journal of Modern Agricultural Science 3(9): 59-68. (In Persian)
7- Filip p., Markus E., Cherubini P., Giacomo S., Wilfried H., and Evelyne D. 2008. Comparison of different methods of obtaining a resilient organic matter fraction in Alpine soils. Geoderma 145: 355-369.
8- Fink J.R., Inda A.V., Bayer C., Torrent J., and Barrón V. 2014. Mineralogy and phosphorus adsorption in soils of south and central-west Brazil under conventional and no-tillage systems. Acta Scientiarum Agronomy 36(3): 379-387.
9- Gee G.W., and Bauder J.W.1986. Particle size analysis. Pp.201-214. In: HD Jacob and G Clarke Topp. (Eds) . Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods. SSSA. Madison, WI.
10- Griffin R.A., and Jurinak J.J. 1973. The Interaction of Phosphate with Calcite. Soil Science Society of America Journal 37: 847-850.
11- Goldberg S., and Forster H.S. 1991. Boron sorption on calcareous soils and reference calcites. Soil Science 152: 304–310.
12- Guppy C., Menzies N., Moody P., and Blamey F. 2005. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: A review. Australian Journal of Agricultural Research 43: 189-202.
13- Hamilton S.K., Bruesewitz D.A., Horst G.P., Weed D.B., and Sarnelle O. 2009. Biogenic calcite-phosphorus precipitation as a negative feedback to lake eutrophication. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 66: 343-350.

14- Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L., and Nelson W.L. 1999. Soil Fertility and Fertilizers: an Introduction to Nutrient Management. 6th edition. Prentice Hall, Inc. Saddle River, New Jersey.
15- Havlin J.L., Tisdale S.L.,BeatonJ.D., and Nelson W.L. 2005. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 7.ed. Pearson Education, Upper Saddle River, NJ.
16- Hiradate S., and Uchida N. 2004. Effects of soil organic matter on pH-dependent phosphate sorption by soils. Soil Science. Plant Nutrition 50: 665–675.
17- Ingrid K., Sander B., Lars S., and Bent T. 2009. Assessing soil carbon lability by near infrared spectroscopy and NaOCl oxidation. Soil Biology and Biochemistry. 41: 2170-2177.
18- Jafari A., Shariatmadari H., and Hejazi Mehrizi M. 2015. Determination of phosphorus buffering capacity and standard phosphorus requirement in four toposequence from arid and semi-arid regions using sorption isotherms (A case study: Isfahan and Shahre-Kord). Journal of Water and Soil Conservation 22(3): 89-103. (In Persian with English abstract)
19- Jalali M. 2007. Phosphorus status and sorption characteristics of some calcareous soils of Hamadan, western Iran. Environmental Geology 53: 365-374.
20- Leoppert R.H., and Suarez D.L. 1996. Methods of Soil Analysis . part3.Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy Madison.WI.
21- Mahdizadeh M., Reyhanitabar A., and Oustan SH. 2015. Effect of Soil Organic Matter Removal on Phosphorus Sorption in Some Calcareous Soils of East Azerbaijan Province. Journal of Practical Soil Researches 2(1): 1-17.(In Persian with English abstract)
22- Maluf H.J.G.M., Silva C.A., Curi N., Norton L.D., and Rosa S.D. 2018. Adsorption and availability of phosphorus in response to humic acid rates in soils limed with $CaCO_3$ or $MgCO_3$ .Ciência e Agrotecnologia 42(1): 7-20.
23- Marzadori C., Vittori L., Ciavatta C., and Sequi P. 1991. Soil organic matter influence on adsorption and desorption of boron. Soil Science Society of America Journal 55: 1582-1585.
24- McLaren T., Guppy C., Tighe M., Moody P., and Bell M. 2014. Dilute acid extraction is a useful indicator of the supply of slowly available phosphorus in Vertisols. Soil Science Society American Journal 78. 139–146.
25- Mikutta R., Kleber M., Kaiser K., and John R. 2005. Review: Organic matter removal from soils using hydrogen peroxide, sodium hypochlorite, and disodium peroxodisulfat. Soil Science Society of America Journal 69: 120-135.
26- Olsen SR., and Khasawneh FE. 1980. Use and limitations of physical- chemical criteria for assessing the status of phosphorus in soils. 361-410.
27- Olsen SR., and Sommer L.E. 1982. Phophorus. In: Klute, A. (Ed). Methods of soil Analysis: Chemical and microbiological Properties, part2. 2nd Ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison WI 403-430.
28- PerassiI., and Borgnino L. 2014. Adsorption and surface precipitation of phosphate onto $CaCO_3$- montmorillonite: effect of pH, ionic strength and competition with humic acid. Geoderma 232: 600-608.
29- Rashmi I., Parama V.R.R., and Biswas A.K. 2016. Phosphate sorption parameters in relation to soil properties in some major agricultural soils of india. SAARC Journal of Agriculture 14(1): 01-09.
30- Reyhanitabar A. 2010. Effect of Carbonates Removal on Zinc Sorption in the Selected Calcareous Soils of Iran. Journal of Water and Soil Science 22(1): 125-144. (In Persian with English abstract)
31- Rhoads J.W. 1986. Cation exchange capacity. Pp. 149- 158.In A. C. Page(Ed). Methods of soil analysis. Part2. American Society of Agronomy.
32- Ryan J., Hasan H.M., Baasiri M., and Tabbara H.S. 1985. Availability and Transformation of Applied Phosphorus In Calcareous Lebanese Soils. Soil Science Society of America Journal 49: 1215-1220.
33- Sarkar D., De K.D., Das R., and Mandal B. 2013. Removal of organic matter and oxides of iron and manganese from soil influences boron adsorption in soil. Geoderma.
34- Siregar A., Kleber M., Mikutta R., and John R. 2004. Sodium hypochlorite oxidation reduces soil organic matter concentrations without affecting inorganic soil constituents. European Journal of Soil Science 56: 481-490.
35- Shirvani M., and Shariatmadari H. 2002. Application of Sorption Isotherms for Determining the Phosphorus Buffering Indices and the Standard P Requirement of Some Calcareous Soils in Isfahan. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. (Water and Soil Science) 6: 121-129. (In Persian)
36- Soliemanzadeh A., and Fekri M. 2017. Synthesis of clay-supported nanoscale zero-valent iron using green tea extract for the removal of phosphorus from aqueous solutions: Chinese Journal of Chemical Engineering 25(7): 924-930.
37- Tofighi H., and Shirmardi M. 2015. The effect of calcium carbonate and pH On kinetics of phosphorus fixation in different soils. Iran Water and Soil Research 46(4): 739-748. (In Presian)
38- Uygur V. 2009. Phosphate Sorption in Calcareous Soils: The Role of Iron Oxide and Carbonates. Asian Journal of Chemistry 21(4): 3001-3009.
39- Varinderpal S., Dhillon N.S., and Brar B.S. 2006. Influence of long-term use of fertilizers and farmyard manure on the adsorption–desorption behaviour and bio-availability of phosphorus in soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems 75: 67-78.

40- Walkey A., and Black I.A. 1934. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. Soil Science 37: 29-38.
41- Wang L., Liang T., Kleinman P.J.A., and Cao H. 2011. An experimental study on using rare earth elements to trace phosphorous losses from nonpoint sources. Chemosphere 85: 1075–1079.
42- Wang L., and Liang T. 2014. Effects of exogenous rare earth elements on phosphorus adsorption and desorption in different types of soils. Chemosphere 103: 148–155.
43- Wolde Z., and Haile W. 2015.Phosphorus sorption isotherms and external phosphorus requirements of some soils of southern Ethiopia. African Crop Science Journal 23(2): 89-99.
44- Yan X., Wang D., Zhang H., Zhang G., and Wei Z. 2013. Organic amendments affect phosphorus sorption characteristics in a paddy soil. Agriculture, Ecosystems & Environment 175: 47–53.
45- Yang X., Chen X., and Yang X. 2019. Effect of organic matter on phosphorus adsorption and desorption in a black soil from Northeast China. Soil & Tillage Research 187: 85-91.
46- Yu W., Ding X., Xue S., Li S., Liao X., and Wang R. 2013. Effects of organic-matter application on phosphorus adsorption of three soil parent materials. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 13(4):1003-1017.
47- Zimmermann M., Leifeld J., Abiven S., Schmidt M.W.I., and Fuhrer J. 2007. Sodium hypochlorite separates an older soil organic matter fraction than acid hydrolysis. Geoderma 139: 171-179.
48- Zhang S., Huffman T., Zhang X., Liu W., and Liu Z. 2014. Spatial distribution of soil nutrient at depth in black soil of Northeast China: a case study of soil available phosphorus and total phosphorus. International Journal of Soil, Sediment and Water14: 1775–1789.

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 3, July-August 2020, p. 637-648

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۹، ص. ۶۴۸-۶۳۷

Removal of Carbonates and Organic Matter from Soil Influences Phosphorous Sorption in Calcareous Soil of Kerman Province

H. Hosseini[1]*- M. Fekri[2]- M.H. Farpoor[3]- M. Mahmoodabadi[4]
Received: 23-06-2019
Accepted: 30-09-2019

Introduction: The availability of the applied phosphorus (P) is controlled by sorption-desorption reactions in soil. Since the sorption-desorption reactions are affected by physical and chemical properties of the soil, the presence of organic matter (OM) and carbonates can also effect on the P sorption capacity in soil. The purpose of this study was to investigate the effects of OM and carbonates on phosphorus sorption isotherms in some calcareous soils of Kerman province.

Materials and Methods: Six surface soil composite samples (0-30) were collected from Kerman Province located in southeast of Iran. The soils with a wide range of OM and calcium carbonate were selected for sampling. Samples were air dried and passed through a sieve of 2 mm. Physicochemical properties of the soil samples were determined according to the Soil Survey Laboratory Manual. Thereafter, the soil samples were divided into three parts. One portion was used for treatment with sodium hypochlorite to remove organic matter. The second part was treated with sodium acetate buffer (pH = 5) to remove carbonates. The third was used as a control without any treatment. Batch experiments were carried out to determinthe P-sorption isotherms in soil. The sorption behavior of P was studied by Langmuir and Freundlich isotherm models. All experiments were conducted in three replications.

Results and Discussion: The results showed that organic matter and equivalent calcium carbonate, removed from the studied soils with an average efficiency of 86.7% and 84.9%, respectively. Although the isotherms data showed that both Langmuir and Freundlich equations fits to data,Langmuir equation with higher mean of correlation coefficient (R^2=0.982) and lower standard error (0.022) showed the best fit to P-sorption data for all soil samples (with and without treatment). Removal of organic matter by sodium hypochlorite increased the phosphorus adsorption capacity in the studied soils. After removal of soil organic matter, an increase in phosphorus adsorption capacity in the studied soils. With respect to control, removing the organic matter increased the adsorption capacity parameters (q_{max} and k_f) about 37 to 104 mg.kg^{-1} and 11 to 23 L.kg^{-1}, respectively. These results indicate that Fe- and Al-oxides and other available adsorption sites on the mineral surfaces are coated by organic matter and are activated after removal of OM. Removal of carbonates from the soil significantly reduced the P-sorption capacity. q_{max} and kf were decreased by 17% and 32%, respectively, compared to untreated soils. It is, therefore suggested that available P adsorbing surfaces decreases by removing carbonates from the soil.Constants related with bonding energy increased by 17.03% and decreased by 28.78% by removal of OM and calcium carbonate, respectively. The P maximum buffering capacity is an important indicator for assessing phosphorus stabilization capacity in soil. The greater P buffering capacity, the fewer ability of phosphorus replacement to soil solution. After removal of carbonates, this parameter decreased by an average of 42.5%. The results suggested that carbonates is an important factor in availability of phosphorus in soil. The required phosphorus standard increased by 14.43% by removing OM in the studied soils. However, the removal of carbonates reduced the need of soil for phosphorus by 40.5%.

Conclusion: In this study was investigated the effect of removing organic matter and carbonates on phosphorus sorption isotherms in some calcareous soils of Kerman province. The results of this study showed that P sorption capacity is affected by the amount of carbonates and organic matter. Removal of organic matter from the soil increased the sorption capacity of phosphorus due to Fe- and Al-oxides. Other available adsorption sites on the mineral surface which are coated by the organic matter are active. Carbonates is known as an active site for maintaining phosphorus in the soil and its removal from soils reduces the phosphorus adsorption capacity. Applying/Preserving organic matters to/in soil can increases the efficiency of phosphate fertilizer application and improves plant nutrition. The removal of carbonates from the studied soils reduced their need for phosphorus. Therefore, as well as the addition of organic matter to soil, the removal or reduction of carbonates

1 and 2- Ph.D. Student and Professors, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, respectively.
(*- Corresponding Author Email: h.hosseini@agr.uk.ac.ir)
DOI: 10.22067/jsw.v34i1.81290

from agricultural soils is important for improving phosphorus utilization efficiency and plant nutrition management.

Keywords: Adsorption, Isotherms, Phosphorus, Organic matter, Standard requirement